PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

05-248937

(43) Date of publication of application: 28.09.1993

(51)Int.CI.

G01H 17/00 G01M 15/00

(21)Application number: 04-049755

(71)Applicant: ATSUGI UNISIA CORP

(22)Date of filing:

06.03.1992

(72)Inventor: WATANABE SATORU

TOMIZAWA NAOMI KIKUCHI HISAKAZU NAKASHIZU MAKOTO

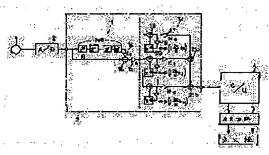
......

(54) KNOCK SENSING DEVICE OF INTERNAL-COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To accomplish high speed processing of wavelet conversion and provide applicability of this type of conversion to analysis of knocking vibration.

CONSTITUTION: A voltage signal emitted by a knocking sensor 1 in accordance with the engine vibration level is A/D converted by an A/D converter 2. The numerical data thus acquired is processed with a frequency sampling filter 3 configured with a comb-form filter 11 and a resonator 12 and having the same impulse response as the specified fundamental wavelet function, and a filter executes the fundamental wavelet conversion. Whether knocking is generated, is sensed with a high time resolution on the basis of the amplitude and phase of the expansion coefficient of wavelet function acquired by the filter.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.10.1995

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2764495

[Date of registration]

03.04.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

THIS PAGE BLANK (USPTO)

公報(B2) (II)等#24	第2764495号	(24)登员 平成10年(1938) 4月3	PI	G01H 17/00 B	G 0 1 M 15/00 A	
距				٠		
(12)特 許	• ••	(1998) 6月11日	EN PER P			
(19) 日本囚特計庁 (JP)		(45)発行日 平成10年(1998) 6月11日	(51) Int.CI.*	G01H 17/00	G 0 1 M 15/00	

以求項のほ5(全 9 頁)

(21) 出图器号	特图平4-49735	(73) 特許也容	000167408
			体式会社ユニシアジェックス
(22) 併回日	平成4年(1992)3月6日	•	神会川県 以 中 は に に に に に に に に に に に に
		(72) 発明者	被沿 倍
(65)公园各号	体局平5-248937		群馬県伊公崎市和川町1671番地1 日本
(43)公昭日	平成5年(1993)9月28日		口子扣野体式会社内
存在結束日	平成7年(1995)11月1日	(72) 発明者	日本 英山
			本日 「路路川町1671番地1 日本
特許法第30条第1項四用申口有り	到西用申記有 D 平成 3 年度位于负担		口子扣器株式会社内
通信学会信越支部、	图届学会团越支部大会群战改文公(平成3年10月4日付	(72) 発明者	公司 人名
计口子价格通信学	ナロ子情報通信学会信息支部発行)における「奇口信号		新码垛价码市四瓦总吋4-38
のウエーブレット	のウエーブレットなが」及び「因波役サンプリングによ	(72) 発明者	日本 日本
る回位ウェーブレット位位」に密表	ット弦ね」に発表		が母以が恐市五十以二の叮8470-105
		(70代理人	井理士 街口 廿二粒
特许法第30条第11	特殊法第30条第1項汽用申記省り 第6回ディジタル信		
中処理シンポジケ	号処理シンポジウムG近的文章 (平成3年11月28日付け	1000年	箱井 広行
位子位和通信学会	日子位和通信学会ディジタル信号処理研究専門委員会院		
行)の第455-410ページに発表	スーンに発表・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・		現体買に成く

(54) 【発明の名称】 内協内関のノッキング協出独口

【甜水項1】 機関板助をウェーブレット変換によって解 折してノッキング発生を後出する内燃機関のノッキング (51) [特許請求の祖田] 被田雅四かわった。

機関本体に付款されて機関領効レベルに対応するアナロ 核板助センサからのアナログ後出債母をディジタル債母 グ検出信号を出力する扱効センサと、 に変換するA/D変換器と、

核A/D変換器で変換されたディジタル信号を処理する ディジタルフィルタであって、所定の基本ウェーブレッ ト国数とインパルス応答の毎しい国波数サンブリングン

112 E.

核周故数サンプリングフィルタの処理結果に基づいて、 を含んで将成された内燃機関のノッキング後出装配 ッキング発生を検出するノッキング検出手段と、

フィルタと、並列接統された所定数の共振器とを縦接接 **扱して併成されることを特徴とする前求項1配徴の内格** 「請求項2】 煎配周波数サンプリングフィルタが、 植形 機関のノッキング検出装配。

数の共振器をそれぞれのタップに従接接続し、異なる遅 [請求項3] 前配物形フィルタを柏成する遅延器数の増 **西器数に基力<フィルタリングを並列に行なわせるよう** 域をタップ数定によって行なわせ、並列接続された所定 **府成したことを特徴とする前求項2記数の内核機関の、** クキング検出装位。 精水項4】 前配所定の基本ウェーブレット関数が、G n b o'r 国数であることを特徴とする額求項1, 2又は [請求項5] 前配所定の基本ウェーブレット函数が、ラ プラシアソーガウシャン関致であることを特徴とする間 3のいずれかに記載の内核被脳のノッキング被出被回。

枚項1,2又は3のいずれがに記数の内核模関のノッキ

第2764495号

8

(発明の詳細な説明)

[000]

【産業上の利用分野】本発明は内核機関のノッキング検 出装置に関し、詳しくは、機関級数の後出信号からノッ ドング発生を検出する装配の改善技術に関する。

5年により吸・排気ベルブやピストンに悪影響を及ぼす ため、ノッキングを検出して点火時期を補正することに より、速やかにノッキングを回避し得るようにした点火 時期制御装置を備えているものがある(特別昭58-1 **将来の技術】内核機関において、所定アベル以上の、** ッキングが発生すると、出力を低下させるのみならず 05036号公報等参照)。 0002]

/ 着座等による機械的援助が多く含まれる。そこで、従 5、七愁類図の放包には、アストンヘッド, かヤ. ベケ **宋では、フーリエ変換やウオルシュアダマール変換等の** 直交変換を用い、周期的信号に対する投影として前配音 習版動のスペクトル解析を行い、 ノッキング特有の風徴 【0003】ところで、前町異常搭続としてのノッキン **数成分を抽出してノッキング発生の有無を検出するよう** がは、エンジンブロックの音響板切として曳倒される

[発明が解決しようとする提題] しかしながら、ノッキ 正弦波など周期的個号で分析するフーリエ変換等の変換 では、商品質な時間・周波数分析をすることができない ングのような突発的信号は、以下の特徴を有しており、 という問題があった。

[0004]

[0005] 2) 信号の存続時間が短く、信号対雑音比 1) 信号故形及び做分保数が不連続であることが多い。

(S/NH)が光勘である。

3) 統計的性質が非定常である。

4)時間分解館と周波数分解館に関する不確実性関係が 一様に応せる。

即ち、直交変換に用いる周期的信号がたとえ数学的に完 全直交変換を併成していても、上配のような特徴を有す る信号を有限の時間にわたって規測した結果からスペク は、極めて少数の複句信号のサンプラかのスペクトルを 実性関係により、権定精度の劣化は原理的に避けられな 惟定することになり、時間分解値と周波数分解館の不确 原理的に困難なことであった。特に、機関の高回転時に トルを推定し、これの変化を時々刻々迫跡することは、 いものであった。

と呼ばれる闘数系に展開し、展開係数により時間・周波 【0008】にこで、時間・周波数解析の手法の1つと 駅)が注目されている。これは、信号をウェーブレット して、近年、ウェーブレット效換(応用数理 VOL. NO. 3 SEP. 1991 战敌雄后被行转锋

場合のように一定の時間・周波数分解能を示さず、対象 により信号の時間と周波数とに関する情報を得ることが 時間軸と周波数铀で周在する関数であるので、展開係数 レット国数のスケール変換と時間シフトによって待られ 5。この因数米の在灯から、ウェーブアット投資の時間 分解能は、図5及び図6に示すように、フーリニ変換の とする信号の周波数が高くなるにつれて向上するもので もり、かかる性質によって突発的に発生する信号(高周 できる。また、ウェーブレット図数系は、基本ウェーン 数解析を行なう平法である。ウェーブレット関数系は、 放成分を含む信号)の解析に適した手法である。

【0001】そこで、前記ノッキングの音響扱句の解析 こ上記のウェーブレット変換を適用することを勘案した バ 以下のような問題が生じた。即ち、ウェーブレット 変換を実現する方法としての非直交ウェーブレット変換 の場合、各ウェーブレット関数毎に畳み込み筒算を直接 リケーションへのウェーブレット変換の適用は困難であ 実行する方法があるが、この方法では、ウェーブレット のスケールに応じて乗算回数が増減し、大きなスケーハ **効解析に適用する場合のように、高速処理が要求され、** ソフトウェア,ハードウェアに対する制限が大きいアン の関数では乗算回数が増大する。従って、ノッキング、

あり、ウェーブレット変換の高速処理を実現して、ノッ キング検出への適用を可能とし、以て、ノッキング仮勁 の解析を高品質に行なえる装置を提供することを目的と 0008]本発明は上記問題点に鑑みなされたもので

[6000]

本に付款されて機関領型リペルに対応するアナログ後出 が信号は、A/D変換器によってディジタル信号に変換 [課題を解決するための手段] そのため本発明にかかる フット変換によって解析してノッキング発生を検出する **りに枯成される。図1において、複句センサは、機図本 耳号を出力するものであり、政坂動センサからのアナロ** 内燃機関のノッキング後出装費は、機関扱動をウェーブ 内核機関のノッキング後出装置であって、図1に示す1

は、所定の基本ウェーブレット閲覧とインパルス応答の **等しい周波数サンプリングフィルタで処理され、該周波** 数サンブリングフィグタの処理枯果に茶るにてノッキン が検出手段がノッキング発生を検出する。ここで、前記 周波数サンプリングフィルタは、 歯形フィルタと、 並列 **货続された所定数の共銀器とを収接接続して併成するこ** [0010] そして、何韶歿徴されたディジタル信号 こができる。

数の増減をタップ散定によって行なわせ、並列接続され と所定数の共扱器をそれぞれのタップに群接接続し、異 なる遅延器数に基づくフィルタリングを並列に行なわせ [0011]また、前記櫛形フィルタを併成する遅延器

ウェーブレット関数として、Gabor関数又はラブラ るよう構成することが好ましい。また、前兒所定の基本 シアソーガウシャン図数を用いると良い。

が周波数サンプリングフィルタで処理される。 ここに 信号がディジタル信号に変換され、このディジタル信号 である上記の周波数サンプリングフィルタによって基本 ット関数系に対応する展開係数は、非巡回形フィルタ ウェーブレット国教は、時間軸上で同在する国教であ ウェーブレット変換が実行されることになる。 ることになるから、非巡回形フィルタの実現方法の1つ り、同一のスケールで時間シフトを行なったウェープレ (Finite Impulse Response フィルタ) の出力に一致す 【作用】かかる構成によると、機関複動のアナログ検出

よって異なる遅近器数(スケールの異なるウェーブレッ ることで、遅延器数を行なえるから、前記タップ設定に 続して構成でき、更に、歯形フィルタにタップを設定す フィルタと、並列接続された所定数の共振器とを紙接指 ト関数)に基ムヘフィルタリングの並行処理が可能とな 【0013】前記周波数サンプリングフィルタは、癌形

機関振動に応じた波形のアナログ電圧信号を出力する。 ロック(本体)に付設され、内蔵した圧乱素子によって 数サンプリンタフィルタ3(ディジタルフィルタ)で処 信号)に変換される。そして、前記数値データは、周辺 亀圧信号は、A/D変換器2によって所定のサンプリン のハードウェア構成を示す図2において、ノックセンサ グ周波数(例えば50KH z)で数値データ(ディジタル 【0015】 棋ノックセンサ1から出力されるアナログ 【実施例】以下に本発明の実施例を説明する。一実施例 (檢動センキ) 11は、図示しない内熱破割のシリンダン

記周波数サンプリングフィルタ3の処理結果に基心いた グ検出手段としての前記コントロールユニット4は、前 に送る点火信号に基乙いて制御するマイクロコンピュー 6による点火時期(点火進角値)ADVを、点火回路5 桔果は、内燃機関の燃焼室に臨ませて設けられる点火栓 やかに回避するようになっている。 点火時期ADVを選角補圧して、ノッキングの発生を連 タ内蔵のコントロールユニット4に入力され、ノッギン ノッキング発生の有無を判別し、ノッキング発生時には 【0016】 前記周改数サンプリングフィルタ3の処理

ある。前記櫛形フィルタ11は、直列接続されるN個の遅 12とを、縦接接続して構成されるディジタルフィルタで 11と並列接続された所定数の基本共仮器からなる共振器 3の詳細な構成を説明する。前記周波数サンプリングフ イルタ 3 は、図 2 の概念図に示すように、磁形レイルタ 【0017】 いいた、 前記周夜数中ソノリングレイデタ

> 延器13と、2つの乗算器14,15と、加算器15とから構成 され、N個の遅延器13で遅延されたデータを、乗算器14 一夕と前記乗算器14の出力とを加算器16で加算し、更 で乗算係数-1と乗算させ、遅延器13をパイパスしたデ に、加算器16の出力に懸算器15で乗算係数Aを乗算して 出力する構成となっている。

栗箅原数円。を乗算して出力するようになっている。 を加算器19で加算し、加算器19の出力に乗算器17で所定 の基本共振器の出力の加算結果を最終的に出力するもの 力を加算器21a, 21b, · · · で相互に加算して、全て を複数並列接続し、各基本共振器における乗算器17の出 と、加算器19と、遅延器20とから構成される基本共振器 尚、各乗算器17, 18の乗算係数の股定については後に詳 算點19の出力に乗算器18で所定乗算係数 e x p (j・2 であり、基本共仮器では、衛形フィルタ11の出力と、点 ェ/N・k」) 宏桑算し気に遅延器20で過延させた値と [0018]また、共扱器12は、2つの栗算器17, 18

関数 g (t)のスケール変換と時間シフトとにより得ら 法であり、ウェーブレット囚数は、基本ウェーブレッ る直交変換に比して突発的に発生する信号の解析に適し ジタル信号を、フーリエ変換などの周期関数を基底とす し、展開係数により信号の時間・周波数解析を行なう手 ープレット変換は、信号をウェープレット関数系に展開 キング発生の有無を検出するものである。前記離散ウェ たこる類板ウェーンフット級被によった年左した、ノッ 【0019】ところで、本実施例では、機関援動のディ

ト閲数 ga.b (t) は、 【0020】 スケールa.時間シフトbのウェーブレッ

[0021]

$$(\frac{a}{a-1})$$
 $8=(1)$ **8

圧縮によって周波教特性を変化させることができるこ らかなように、ウェーノフット国教のスケーラの房政 を、スケールを1とした場合及びスケールを1より狭い aに収縮させた場合について示してあり、この図から明 に、ウェーノフット関数 B.b (t) の時間・周波数分布 ぶ。徐って、ウェーブリット題数 g.b (t) も時間量 (t) には、時間軸上、周波数軸上で局在する関数を選 【0022】と定義される。基本ウェーブレット関数 周波数軸上で局在する関数となる。図3及び図4

り、信号 s(t)に対する離散ウェーブレット変換は [0024] [0023] 前記ウェーブレット関数 8... (t) によ

[数2]

【0026】ノッキングのような突発性信号は、その発

被数分解館は劣化するが、時間分解館は向上する。 変換の時間分解館と周波数分解館をフーリエ変換と比影 数 8 a.b (t) に対する展開係数を示す。ウェーブレッ それに対して高周波成分は短時間だけ観測するために周 めにその周波数分布は詳しく把握することができるが、 ト変換では、低周波成分は長時間にわたって観測するた すると、図5及び図6に示すようになり、ウェーブレッ を示し、S (a, b) は信号 s(t) のウェーブレット因 【0025】と定義される。尚、Tはサンプリング周期

時間の情報も重要である。従って、ウェーブレット変換 い。また、周波数に関する情報のほか、その発生・持続 は、フーリエ変換等の周期関数を基底とする直交変換に 生の性質により高周被成分を含み、然も、持続時間が短

[0029]

 $h(nT) = A \sum_{i=1}^{n} Hi \exp(jnT)$

for
$$0 < n < N-1$$

h(nT)=0

h (nT) とウェーブレット図数 8 (nT)とを、 仮器の保教 4. を適当に決めることで、インバッス応答 【0030】となる。簡形フィルタの遅延器数Nと、共 렺 0 > n

윾

n > N - 1

フィルタ3において、歯形フィルタ11の通道器敷Nに対

[数4] (0031)

ングフィルタ 3の出力 y (nT)は、 [0032]で示される関係とすれば、周波数サンプリ $\overline{g}(al) = h(al)$

[0033]

y(nf)=1

タを基本フィルタと称する。 現できるものであり、本実施例ではかかる特性のフィル 数をH1 とすることに、基本ウェーブフット関数とイン T) に一致する。従って、栗算器18の栗算係数をexp パルス応答の等しい周波数サンプリングフィルタ 3 を実 (0034) となる。これは、スケールa=1、シフト b=nTのウェーブレット因数の展開係数S(1, n (j・2 x/N・k₁)とし、また、乗算器17の乗算係

スケールを実現することができる。 周波数サンプリング 歯形フィルタ11の遅延器数Nと乗算器における乗算係数 Aを変更することにより、異なるウェーブレット関数の 【0035】周波数中ンプリングフィルタ3において、

[数6]

[0036]

a,=N,/N(N, は整数)

延器数を決定するNをN。に変更し、乗算係数Aを ープレット変換を実現するためには、簡形フィルタの遅 【0037】の関係がある異なるスケールa゚ でのウェ [0038]

個数を示すNi からNi は、前記数6の関係によりそれ ット変換を行なわせることが可能となる。尚、遅延器の 用いて複数の異なるスケール a i ~ a i たのウェーブレ 算器15以降の構成の共振器をそれぞれ共振器Ri~Ra 列の途中にタップを設定し、各タップに図2における栗 に、1つの樹形フィルタの直列接続されるN個の遅延器 ングフィルタ3の住實により、図7の概念図に尽すよう ぞれのスケールに対応して設定される。 として縦接接続すれば、1つの衛形フィルタを共通的に 【0039】に変更すれば良い。また、周波数サンプリ

ると、全てのスケール (a1 ~a1) で1サンプル間で 【0040】上記の函複数サンプリングレイブタ3に、

に、ハードウェアとして特成する場合、特成が単純であ 実行される乗算回数は等しく、数2により量み込み資算 を直接実行する場合よりも高速な処理が可能となる。更 また、並列性が高いため、複数のシグナルプロセッサに るためLSIレイアウトが容易に行なうことができる。 よる並列処理も容易に実現できる。

ノッキング検出として実験的に近

$$g(nT) = \exp \left(\frac{-(nT)^{2}}{2} \right) \exp \left(\frac{-(nT)^{2}}{2} \right)$$

をしとした基本フィルタのインパルス巧存により近辺す し、共仮器12を併成する並列接板される基本共仮器の数 2/10, wo =12π/128 TとしたGabor 関数を用い た。この関数を、櫛形フィルタの遅延器数Nを128 と [0043]と示すことができ、本実施例では、

る係数k1 (i=0:6)の値を決定した。また、前記 **孫数と一致させ、図8に示すように、フィルタによって** [0044] そこで、Gabor 関数に128 点の方形窓をか けてフーリエ変換を行い、最も大きなフーリエ係散をも **の周故数を1つ選んで、基本フィルタの極配配を決定す** 原数k1 に対応する係数H1 (i=0..6) はフーリエ 近辺された基本ウェーブレット関数を得るようにした。 [0045] 前記基本フィルタのスケールa, は、 [0046]

$$a_1 = \binom{10}{7}$$

でのウェーブレットを、前述のような協形フィルタに対 ナるタッピングによって行なわせるようにした。 しかし ながら、数9に示したスケールでは、数8により遅延器 【0047】とし、i=+30~20までの50種のスケール 数N1 は遊数とならない。そこで、 [0048]

$N_1 = 0$ [a, N]

[数10]

ェーブレット図数及びスケールが最小(a =0.125)の ウェーブレット関数及びスケールが最大 (a=4)のウ ェーブレット函数の因故数特性を図10に示す。これらの 図から明らかなように、ウェーブレット姪梭の周筱鞍分 ウェーブレット国数の周波数符性を図りに、また、基本 る。上記の設定において、スケールョ=1 である基本ウ で、Q[・]は、数値の小数点以下のまるめを意味す [0049]として遅延器数を整数で近似した。ここ 14億1二、 (月周波数核で有く、 南周波数核で低くなる。

[0050]ところで、上記のように50個のスケールの **異なるウェーブレット関数によりウェーブレット変換を 行なわせるが、かかるウェーブレット変換を直接畳み込** み資算により実現した場合、1サンプル毎の複素乗算の 回数は814回となる。これに対して、上記に示した周波

レット関数 g(t) には、Gabor 関数を選んだ。このGabo r 関数は、時間・周波数袖上で広がりが最小となる関数 用した具体的な実施例を説明する。まず、基本ウェーブ して知られており

0042

exp (] wo nT)

ノグ発生を検出できる高い品質のノッキング検出装置が 例) によると、前記複楽樂算回数は750 回となり、直接 国み込み複算を実行するよりも1/10以下の乗算回数で **水されるノッキング検出への適用が可能となり、ノッキ 数サンプリングフィルタを用いた実施例(遅延器数の増** ウェーブレット奴換が行なえる。 従って、ウェーブレッ ト変換による解析が高速処理でき、以て、高速処理が要 ノグ後出をウェーブレット変換を用いて解析させること い、たとえ英回位時でもっても有い時間分解館でノッキ 娘を簡形フィルタのタッピングによって実現する実施

を、図11及び図12に示す。図11(a),(b),(c) は、典型的 び正常燃焼時におけるウェーブレット変換の具体的結果 図11(a) は複砂複形を、図11(b) はウェーブレット模模 【0051】大に、異常燃焼時(ノッキング発生時)及 の擬幅を、図11(c) はウェーブレット変換の位相を示し な正常拡焼時の内燃機関の複動を観察した場合であり、

、変数の版編を、図12(c) はウェーブレット変換の位相 ッキング)が発生している場合を示すものであり、前配 /型8気筒機関とし、かかる機関を回転数1200mg でー を示している。尚、対象とする内燃機関を、自動車用の **定運転させ、点火時期を強制的に進角関節することで異** [0052] -方、図12(a),(b),(c) は、異常核焼(/ 回袋、図12(a) は殻包殻形を、図12(b) はウェーブフッ 常燃焼を強制的に発生させた。

しており、黒が挺幅の最小を、白が挺幅の母大を示して /ブリング期間は、混合気の点火後1.4ms から5.4 msの 及び図12(b) では、姫幅を馬から白の紋淡変化により表 (c) 及び図12(c) では、黒から白への変化が0から2 m への位相変化を表している。尚、図11及び図1212示すサ [0053] ウェーブレット変換の短幅を示す図11(b) いる。同様に、ウェーブレット変換の位相を示す図11

【0054】 ウェーブトットの損福を、正常整施時と與、 も共通に時間シフトb=120 からb=160 にかけて、ス この部分が異常燃焼の発生と無関係に同一時刻に生じて |燃焼時(ノッキング発生時)とで比較すると、両者と ケールが2以下の成分が強くなることが分かり、然も、 いることにより、異常燃焼に因るものではなくスラッ

音と呼ばれる機械振動であることが予測される。

【0055】 一方、b=50からb=100 サンブルの間で 間内に2-3 から2-3 のスケールの板幅が大きくなる時間 (c) 及び図12(c) により、b=50からか=100 の間で展 開係数の位相を比較すると、異常燃焼が生じている場合 - ルではっきりと現れているのに対し、正常な燃焼の場 から2°の原原保数が大きくなっている。また、この数 には、0から2ェヘの位相の変化が20 かち21 のスケ は、異常燃焼が生じている場合でのみ、スケールが2 がある。更に、ウェーブレット変換の位相を示す図11 合には前記変化が現れていない。

[0056] 以上の比較から、回転数1200rpa では、異 ておけば、周波数サンプリングフィルタ3から出力され **牲葯紙(ノッキング)の放むは、スケールが2º から2** 数により、配合気点火後2.4 msから3.4ms にかけて後出 できることが分かった。従って、上記のような実験を複 による短動が現れる時期を特定でき、これを判別条件と 4、前記存定時期におけるウェーブレットの損磕・位相 の大きな変化として、機械援助と区別して検出すること シトを干めコントロールユニット4にプログラミングし 基ろいてノッキング発生の有無を徴出させることができ 0 、また、2-4から2-4のウェーブレット図数の展開係 数の回転数の下で行なわせれば、各回転数域で異常燃焼 して、実験に機関を運伝しているときの異常燃焼の発生 ができる。このため、かかろノッキング後出のフォーマ るウェーブレット変換の展開係数における振幅・位相に

[0057] ところで、上記実施例では基本ウェーブレ ット開致としてCabor 関数を用いたが、このCabor 関数 に代えてラプラシアン-ガウシャン (Laplacian-Gaussi 14は、基本フィルタによって近似された基本ウェーブレ に用いた前配ラブラシアソーガウシャン脳数を示し、図 an)関数を用いても良い。図13は、基本フィルタの設計 ット国数としてのラブラシアンーガウシャン国数を示

いた場合の正常燃焼時及び異常燃焼時 (ノッキング発生 ガウシャン関数を基本ウェーブレット関数とした場合に は、周波数分解能が低いため、基本ウェーブレット関数 としてGabor 関数を用いた協合に比べ、異常燃焼の発生 により特徴的にウェーブレット変換の損幅が大きくなる 部分が不明瞭であるが、異常燃焼に伴う短幅特性の変化 **【0058】そして、図15及び図16は、前配ラプランア** ソーガウツャン国教を基本ウェーブレット国教として用 この図15及び図16から明ちかなように、ラブラシアンー ノック成分の復福の時間変化が明瞭に読み取れるという が鋭く発生し、時間分解能は向上している。このため、 時)におけるウェーブレット変換の仮幅を示している。

[発明の効果] 以上説明したように本発明によると、 [0059]

ができ、特に高速処理が要求されるノッキング後出への **適用が可能となり、ウェーブレット変換による解析によ** って被囚の英回位時においても高い品質でノッキング発 周波数解析法であるウェーブレット変換を、直接畳み込 み資質を行なわせる場合に比べ、高速に処理させること 生を検出させることができるようになるという効果があ ッキング挺動のような突発的信号の解析に適した時間

【図面の簡単な説明】

[図2] 本発明の実施例のハードウェア格成を示すシス 【図1】本発明の基本構成を示すプロック図。 アム概略図。 [図3] ウェーブレット閲数の時間・周波数分布を示す

【図4】ウェーブレット閲数の時間・周波数分布を示す

記を示す様図。

【図5】 ウェーブレット変換における時間・周波数分解

[図8] フーリエ変換における時間・周波数分解能を示 一块区

【図1】 複数の異なるスケールでのウェーブレット変換 を実現するためのフィルタを示す概念図

【図8】 基本フィルタによって近似された基本ウェーブ フシト国教を示上様因 【図9】母小スケールのウェーブレット関数の周故数特 性を示す模図。

[図10] 最大スケールのウェーブレット図数の図波数符

[図11] 正常燃焼時におけるウェーブレット変換特性を 性を示す模図。

[図12] 異常撚焼時(ノッキング発生時)におけるウェ [図13] 基本フィルタの設定に用いたラプラシアンーガ - ノフット変数称性を示す図。

アット昭数としてのラブラシアンーガウシャン国数を示 [図14] 基本フィルタによって近似された基本ウェーブ セシャン 昭教 やドナ 様図

[図15] ラブラシアンーガウシャン関数を用いたウェー ブレット変換の正常燃焼時の短幅特性を示す図 → 第図

ブレット変換の異常燃烧時(ノッキング発生時)の板幅 [図16] ラブラシアンーガウシャン関数を用いたウェー 特性を示す図。

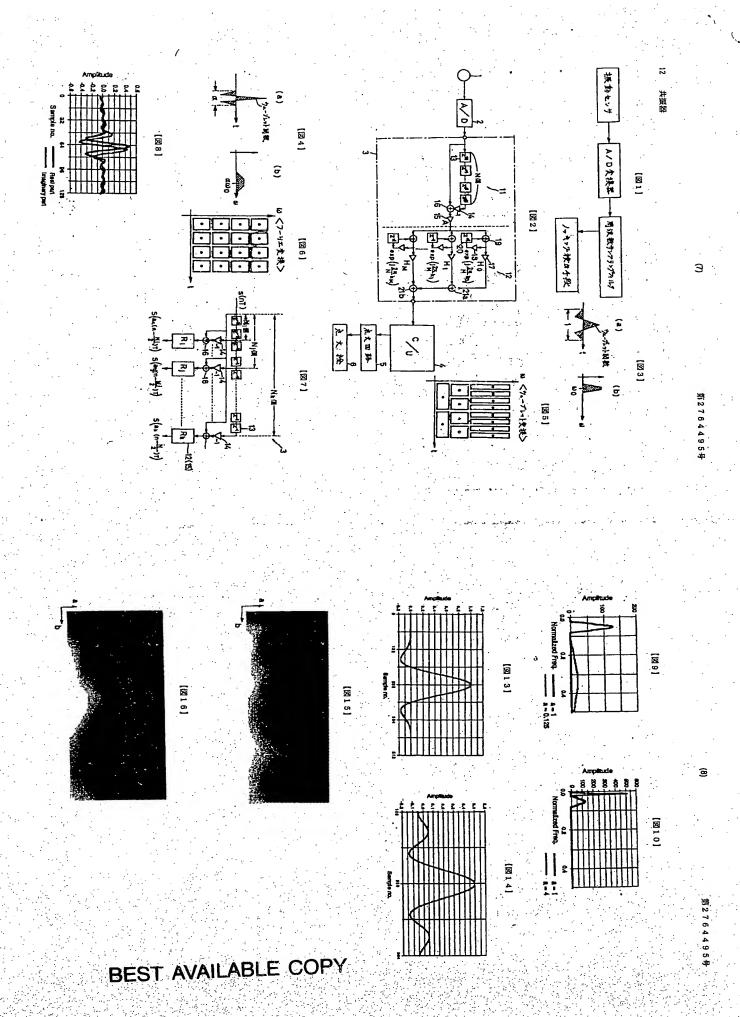
[符号の説明]

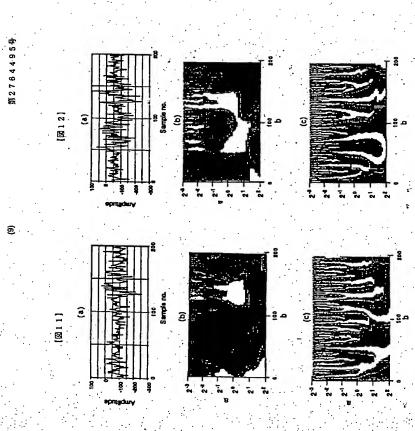
A/D変換器 ノックセンサ

風波数 サンプリングレィバタ

コントローケリニット 点火回路

海形フィバタ 点火格







THIS PAGE BLANK (USPTO)